

---

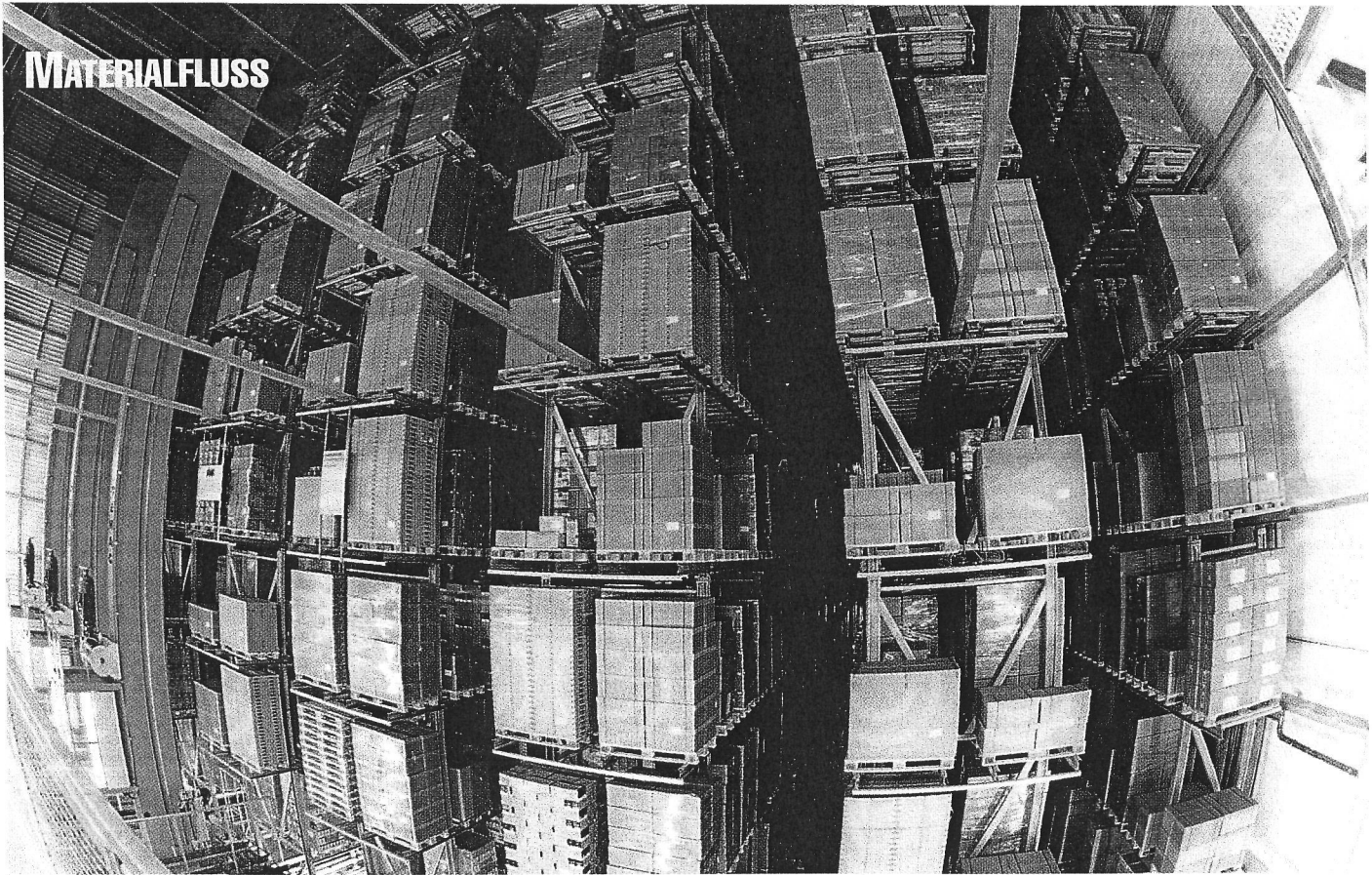
*Scheid, Wolf-Michael :*

***Es begann mit dem Hochregal : automatisierte Lagersysteme,  
Teil 1:***

---

*Zuerst erschienen in:*

Logistik heute : das aktuelle Fachmagazin für Unternehmen mit  
Zukunft und offizielles Mitteilungsblatt der Bundesvereinigung Logistik  
e.V. - München : Huss, ISSN 0173-6213, Bd 21 (1999), 10, S. 34-37



Automatisierte Lagersysteme, Teil 1

# Es begann mit dem Hochregal

In den letzten 35 Jahren haben sich aus dem Hochregallager unterschiedliche Ausprägungen automatisierter Lagersysteme entwickelt.

Sie reichen vom Kanallager über Durchlauf- lager, Sistore, Hubbalken, Turmlager, Karussell-Lager bis hin zum Stapelkran mit Verschieberegal.

Unsere dreiteilige Serie gibt einen Überblick und Hinweise für Vergleichsmöglichkeiten.

sd./ws. Seit Bertelsmann 1962 in Deutschland das erste Hochregallager (HRL) in Betrieb genommen hat, ist es zum Synonym für die Automatisierung der innerbetrieblichen Logistik schlechthin geworden. Heute gibt es 3.200 Anlagen mit mehr als 9.000 Regalbediengeräten (RBG). Eher wenig, wenn man bedenkt, wie häufig eine Lagerfunktion automatisiert wurde. Dabei wird oft übersehen, dass sich aus dem Hochregallager verschiedene Ausprägungen entwickelt haben und daneben auch andere Automatisierungsansätze realisiert wurden und werden.

*\*) Prof. Dr.-Ing. W. M. Scheid leitet das Institut für rechnerunterstützte Produktion an der TU Ilmenau.*

	Konventionelles Lager feste Lagerordnung (20% Sicherheitsbestand)	Konventionelles Lager freie Lagerordnung	HRL freie Lagerordnung
Raumnutzung	6,5 - 9%	13 - 17,5%	18 - 24%

Den besten Nutzungsgrad des umbauten Raumes bietet ein Hochregallager.

Quelle: Autor

Es gibt unterschiedlichste Aspekte der Gestaltung automatisierter Lagersysteme. Ausgegangen wird in allen Fällen vom erforderlichen Stellplatzbedarf und Umschlag.

## Das klassische Hochregallager

Beim HRL ist auf einer Fahrtraverse ein Mast befestigt (beides rot in Abb. 1). Am Mast befindet sich ein Hubwagen (gelb) mit einem Lastaufnahmemittel (grün). Diese Kom-

ponenten bilden gemeinsam ein RBG. Die Traverse bewegt sich auf einer Fahrschiene in X-Richtung. Der Mast wird oben entlang einer Schiene geführt. Angeordnet sind die Lagereinheiten in Bezug auf das RBG bzw. dessen Fahrschiene in einem Koordinatensystem mit den Achsen X (entsprechend der Fahrschiene), Y (entsprechend dem Mast) und Z (entsprechend der Tiefe der Lagereinheiten bezogen auf die von X und Y gebildete Fläche). Durch die Führung

von Mast und Fahrtraverse ermöglicht das RBG im Vergleich zum konventionellen Gabelstapler eine simultane Bewegung des Hubwagens in X- und Y-Richtung. Daraus resultieren Spielzeitgewinne bei der Ein- und Auslagerung von Lagereinheiten. Die Ein- und Auslagerung selbst (in Z-Richtung) kann nur bei Stillstand des RBG durchgeführt werden.

Alle Lagereinheiten einer Regalgasse eines HRL sind im direkten Zugriff des betreffenden RBG. Es muss keine Palette beiseite gestellt werden, um an eine andere heranzukommen. Dementsprechend ist z.B. eine Ein- und Auslagerungsstrategie First-in/First-out (Fifo) mit geeigneter Rechnersteuerung problemlos möglich. In Verbindung mit den Fahr- und

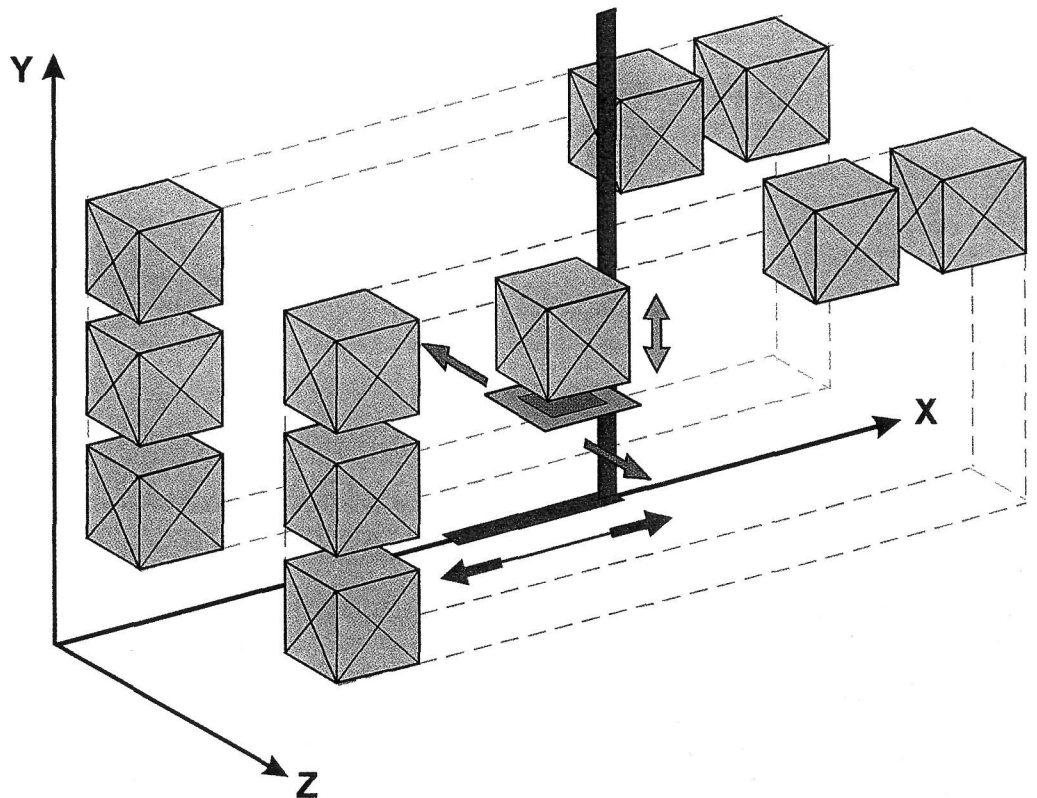
Führungsschienen sowie Elektroantrieben für alle Bewegungsrichtungen ist eine Automatisierung der Abläufe vergleichsweise einfach. Gegenüber einem durch Gabelstapler betriebenen Lager kann der Nutzungsgrad des umbauten Raumes (Verhältnis des insgesamt gelagerten Volumens an Gütern zum umbauten Raum des Lagergebäudes) deutlich verbessert werden, da die Breite des Regalganges im Regelfall nur gleich der Tiefe der Lagereinheit plus zweimal 100 mm gewählt wird. Staplerläger benötigen breitere Arbeitsgänge.

Bedenkt man zudem, dass konventionelle Lager meist mit einer festen Lagerordnung, automatisierte dagegen mit einer freien (chaotischen) Lagerordnung arbeiten, so vergrößert dieser Gesichtspunkt häufig noch das ungleiche Nutzungsverhältnis des umbauten Raumes. Bezüglich der möglichen Zahl von Ein- bzw. Auslagerungsvorgängen je Stunde gibt es abhängig von den möglichen und gewählten Geschwindigkeiten für die Bewegungen in den drei Richtungen X, Y, Z und den diesen Achsen zuzuordnenden Abmessungen des HRL (Länge, Höhe, Breite) einschlägige

Rechenvorschriften (nach VDI bzw. FEM), aus denen sich unter Berücksichtigung von Nicht-Verfügbarkeiten, Auslastbarkeiten und spezifischen Vorgaben der verwendeten Rechner-Software praxisnahe Leistungsdaten ermitteln lassen.

Um zu einer ersten Ausgangslösung im Rahmen der Lagerdimensionierung zu kommen, empfiehlt es sich zunächst mit einem mittleren Leistungswert zu dimensionieren, der von den meisten RBG erreicht wird. Man kann bei einem RBG für Paletten

Länge, Höhe, Breite vorgenommen. Für die gefundenen Werte können jetzt Spielzeiten berechnet werden, mit denen die Annahmen verifiziert werden bzw. aufgrund derer die Dimensionierung mit vergrößerter/verringelter Anzahl von RBG neu durch-



**Abb. 1: Klassisches Hochregallager:** Auf einer Fahrtraverse ist ein Mast befestigt (beides rot). Am Mast befindet sich ein Hubwagen (gelb) mit einem Lastaufnahmemittel (grün). Diese Komponenten bilden ein Regalbediengerät (RBG). Die Traverse bewegt sich auf einer Schiene in X-Richtung. Der Mast wird oben entlang einer Schiene geführt. Angeordnet sind die Lagereinheiten in Bezug auf das RBG bzw. dessen Fahrtraverse in einem Koordinatensystem mit den Achsen X, Y und Z. Die Ein- und Auslagerung selbst (in Z-Richtung) kann nur bei Stillstand des RBG durchgeführt werden.

## Vorteile des „klassischen“ Hochregallagers

Transparente bewährte Vorgehensweise für Planung und Realisierung. Langjährig bewährte Technik, die von vielen Anbietern beherrscht wird. Gute Vergleichbarkeit von Varianten durch zahlreiche Veröffentlichungen und Richtlinien (VDI, FEM). Gute Raumnutzung im Vergleich zu konventionellen Lagertechniken. Direkter Zugriff zu jeder Lagereinheit (Ausnahme: mehrfachtiefe Lagerung).

## Nachteile des „klassischen“ Hochregallagers

Einmal installierte Umschlagsleistungen (Relation Bestand: Bewegung) sind im Regelfall (1 RBG/Gasse) nicht mehr änderbar. Daher werden die Anlagen tendenziell überdimensioniert. Bei komplexeren Systemen und insbesondere auch direkter Kopplung mit anderen „Automatisierungseinseln“ ergeben sich Interdependenzen, die vom Betreiber oft nicht erkennbar und nachvollziehbar sind. Damit können Leistungsminderungen einhergehen.

## Leistungsgrenzen

RBG für Behälter bzw. Trays mit einem Lastaufnahmemittel bis ca. 80 - 100 Doppelspielen/Stunde.

RBG für Paletten mit einem Lastaufnahmemittel bis ca. 25 - 35 Doppelspielen/Stunde.

Die Anzahl der RBG ist begrenzt durch das aufgrund gemeinsamer Identifikations- bzw. Kontrollpunkte (I- und K-Punkte) zu nutzende vor- bzw. nachgelagerte Fördersystem. Je nach Auslegung kann hier für Behälter- bzw. Traysysteme mit 4 - 10 und für Paletten-systeme mit 8 bis 24 RBG als Obergrenze für ein Lagersystem gerechnet werden.

von 15 bis 25 Doppelspielen/Stunde, für Kleinbehälter oder Tablare von 50 bis 80 Doppelspielen/Stunde (= Spielen mit je einem Ein- und Auslagerungsvorgang) ausgehen.

Die übliche Dimensionierung ermittelt demnach innerhalb des Planungshorizonts die erforderliche Anzahl Stellplätze für (möglichst uniform zu gestaltende) Lagereinheiten sowie die Anzahl erforderlicher Ein- und Auslagerungsvorgänge je Zeiteinheit. Ausgehend von der Anzahl der Ein- und Auslagerungsvorgänge wird unter Verwendung der genannten Richtwerte eine Anzahl von RBG angenommen und damit eine Dimensionierung von

geführt wird. In Deutschland wurden Lagerlängen bis ca. 300 m und Lagerhöhen bis ca. 45 m realisiert. Die Masse der Anlagen besitzt deutlich niedrigere Werte. Die Lagerlängen liegen meist zwischen 30 und 110, die Höhen zwischen 7 und 20 m. Im Regelfall werden drei bis vier RBG bzw. Lagergassen vorgesehen.

## Mehrere Lastaufnahmemittel

Zur Leistungserhöhung können auf dem Hubwagen auch mehrere Lastaufnahmemittel angeordnet werden. So steigt der Durchsatz bei Verwendung von zwei statt einem Lastauf-

nahmemittel um rund 40%, bzw. bei drei um rund 70% etc. Denkbar ist auch die Mitnahme von Magazinen für Lagereinheiten und das Anfahren mehrerer Ein- bzw. Auslagerungspunkte nacheinander im Rahmen einer Rundfahrt unter Ver-

so erhöht sich scheinbar die Raumausnutzung. Gezeigt wird die in der Praxis schon häufig realisierte 2-fach- bzw. die seltenere 3-fach-tiefe Lagerung. Werden stets „Zwillinge“ bzw. „Drillinge“ von Lagereinheiten ein- und spä-

lagerungsspiele mit zwei bzw. drei Paletten in ein entsprechend gestaltetes Fach vorge-

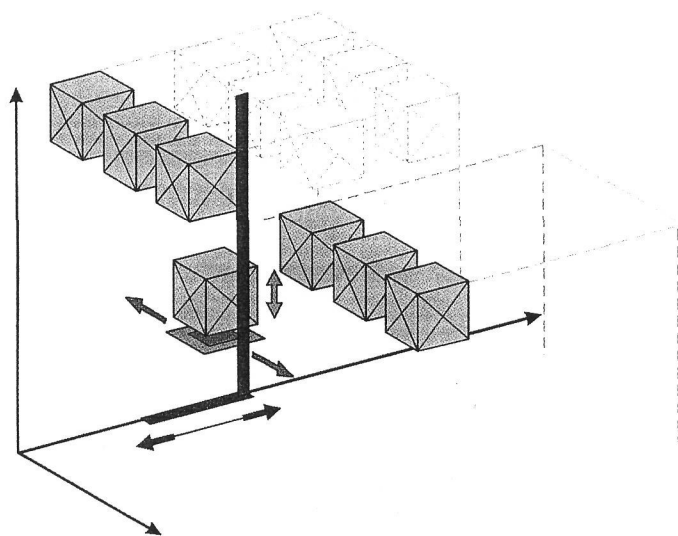
nommen. Bei der späteren Auslagerung (Last-in/First-out Lifo) erfolgt oft eine Vereinzelung, sodass solche Fächer über größere Zeiträume nur teilweise genutzt werden. Ein theoretisch denkbare Auffüllen der Fächer würde die Ablauforganisation (Fifo, Lifo etc.) erheblich erschweren und Umlagerungsspiele mit einer damit einhergehenden Minderung des Leistungsvermögens der RBG zur Folge haben.

Technisch ist die Anzahl hintereinander angeordneter Lagereinheiten begrenzt. Ausgehend von einer Palettenlagerung will man Teleskopgabeln so gestalten, dass die Einfahröffnungen der Din/Iso-Paletten genutzt werden können. Damit sind beliebig langen Teleskopvorgängen Grenzen gesetzt, will man nicht durch Unterklotzen von Paletten die Raumausnutzung verschlechtern.

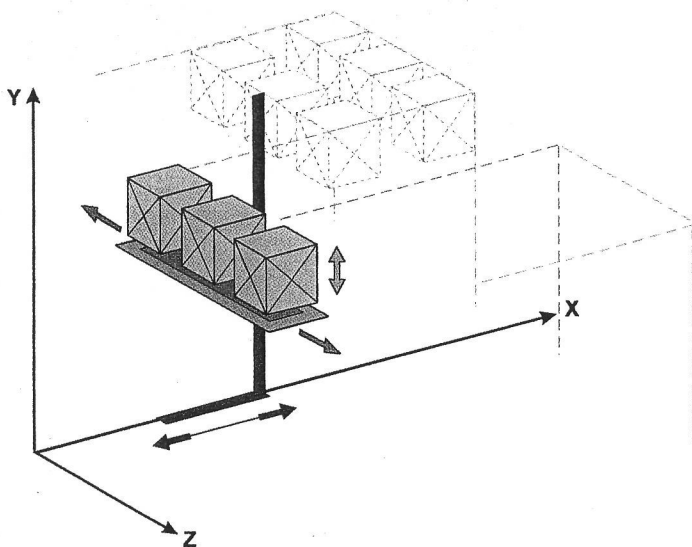
Es sei noch darauf hingewiesen, dass gern auch eine doppelte Lagerung (d.h. zwei Lagereinheiten auf jeder Seite des RBG in Z-Richtung) mit einer einfachtiefen Lagerung kombiniert wird. Zwischen je zwei RBG ergibt sich dadurch im Bereich der einfachtiefen Lagerung ein „freier Raum“ entsprechend einer Breite (in Z-Richtung) von zwei Paletten. Dieser Raum kann als Kommissionierstollen genutzt werden, indem dort manuell von den Lagereinheiten Ware entnommen wird. Die RBG sorgen für den Nachschub der entsprechenden Kommissionierstellplätze.

Der Bereich der doppelte Lagerung dient als Reserverlager. Dieses auch heute noch in einzelnen Fällen verwendete Konzept des Stollenhochregallagers wurde Ende der 60er-Jahre durch den Planer Reinhold Weber entwickelt.

*Im zweiten Teil der Serie geht es um Kanal- und Durchlauf-lager und deren Varianten. ◀*



**Abb. 2:** Bei der zwei- bzw. dreifach-tiefen Lagerung ergibt sich eine höhere Raumausnutzung ...



**Abb. 3:** ... und bei Verwendung entsprechender Lastaufnahmemittel eine signifikante Leistungssteigerung des RBG. Letzteres jedoch nur unter Verzicht auf die erhöhte Raumausnutzung.

Abb.: Autor

wendung nur eines Lastaufnahmemittels. Selbstverständlich sind auch Kombinationen beider Varianten vorstellbar.

## Mehrere Lagereinheiten in Z-Richtung

Ordnet man mehrere Lagereinheiten hintereinander in Z-Richtung an (Abbildung 2),

ter ausgelagert, ergibt sich eindeutig eine höhere Raumausnutzung und bei Verwendung entsprechender Lastaufnahmemittel (Abbildung 3) auch eine signifikante Leistungssteigerung des RBG. Letzteres ist aber nur unter Verzicht auf die erhöhte Raumausnutzung machbar. In der Praxis werden häufig Ein-